

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор – проректор по научной работе и стратегическому развитию ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)», доктор технических наук, доцент


Б.Н. Коробей
«07» октября 2020 г.


ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Носикова Максима Владимировича «Системы управления внутрикамерными радиационно-стойкими манипуляторами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)»

Актуальность темы диссертации.

Работа Носикова Максима Владимировича посвящена повышению эффективности работы оператора при управлении внутрикамерными манипуляторами, работающими в условиях повышенной радиации. Реализация предлагаемой в работе автоматизированной системы управления позволит существенно обновить используемый сегодня для работы с радиационными материалами парк дистанционно управляемых копирующих манипуляторов, повысить эффективность выполнения основных технологических операций с участием человека-оператора. Тема диссертации соответствует задачам второго этапа федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 – 2020 годы и на период до 2030 года» в ее части 2 «Развитие систем контроля, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности и повышения защищенности персонала на объектах атомной промышленности».

Новизна исследования и полученных результатов

Новизна работы, в первую очередь, определяется тем, что автор предлагает заменить существующую систему копирующего управления на систему полуавтоматического типа, в которой оператор осуществляет управление с помощью многокоординатных джойстиков, причём некоторые операции могут выполняться в автоматическом режиме.

Для реализации такого режима, а также для облегчения работы оператора предлагается использовать систему технического зрения с использованием способа маркирования объектов манипулирования оптическими идентификационными метками (QR-кодами). Такой подход также обладает элементами новизны.

В теоретической части диссертации автором предложен матрично-векторный способ формирования вектора обобщенных координат задающих органов с изменяемыми коэффициентами, который позволяет исключить влияние некорректных действий оператора на движение манипулятора в зоне ограничений, обусловленных габаритами камеры и внутрикамерным оборудованием.

К новым результатам можно также отнести программную архитектуру синтезированной системы управления повышающую эффективность аппаратных вычислительных возможностей за счет декомпозиции программных вычислительных потоков по уровням системы управления с выделением автономных программных модулей.

Соискателем в рамках работы также предложена методика тренажерной подготовки операторов, для нового класса автоматизированных внутрикамерных манипуляторов, её информационное и программное обеспечение.

Практическая ценность и применимость результатов диссертационной работы

Достоинством работы Носикова М.В. является доведение основных теоретических результатов до технической реализации. Результаты работы, включая

архитектуру системы управления, ее алгоритмы работы и программное обеспечение были использованы при создании системы управления манипулятором «МР-48» в филиале ЮУрГУ (г. Миасс).

Практическая ценность подтверждается результатами экспериментов на реальном оборудовании в одной из лабораторий основного производственного цикла ФГУП ПО «Маяк».

Обоснованность результатов диссертационного исследования

Достоверность и обоснованность теоретических исследований, выводов и заключений обеспечивается применением адекватных решаемой задаче методов исследований, корректным использованием теоретических положений теории автоматического управления, методов проектирования цифровых систем управления, способов планирования эксперимента и статистической обработки информации, а также методики проведения натуральных экспериментов.

Обоснованность теоретических результатов и выводов диссертационного исследования подтверждается математическим моделированием и результатами экспериментальной программы, выполненной на опытном образце внутрикамерного манипулятора с учетом как производственных факторов (радиационных полей, химически агрессивной среды), так и факторов, связанных с индивидуальными особенностями работы оператора. Успешность результатов испытаний подтверждена соответствующими актами (ФГУП «ПО «Маяк»)

Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения (основных выводов) на 189 страницах, 5 приложений (акты испытаний и внедрений, патент РФ, свидетельства о регистрации программы для ЭВМ). Каждая глава содержит выводы по полученным результатам. Имеются заключительные выводы и результаты по итогам диссертационного исследования в целом. Библиографический список содержит 107 ссылок. В автореферате автор указывает 11 печат-

ных работ, в том числе 2 публикации в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, 3 публикации в изданиях с индексацией в международных базах цитирования.

Во введении к диссертационной работе обосновывается актуальность решаемой научной задачи, обусловленной необходимостью создания внутрикамерных роботов-манипуляторов, обеспечивающих повышение эффективности и облегчение работы персонала за счет частичной автоматизации технологических процессов. Формулируются цель и задачи исследования, перечисляются подходы и методы решения задач, предлагаемые в диссертации, основные положения, выносимые на защиту, отмечается их научная новизна и практическая значимость.

В первой главе проведен обзор и сделан анализ современного состояния вопросов использования роботизированных манипуляторов при работе с радиоактивными материалами в герметичных камерах на предприятиях атомной промышленности. Сформулированы основные типы операций, выполняемых такими манипуляторами. Определены условия эксплуатации, определяющие особые требования к проектированию внутрикамерных манипуляторов, работающих в условиях повышенной радиации. Отмечены недостатки существующих манипуляторов копирующего типа. Здесь автором сформулированы общие требования к манипуляторам данного класса и их системам управления. Обоснован подход к организации таких систем по иерархическому принципу, включая четыре уровня управления, в том числе, уровни адаптивного и интеллектуального управления. Такой подход соответствует современным представлениям о структуре сложной системы автоматизированного управления. Учитывая, что человек-оператор находится в контуре управления, можно заключить, что автор разрабатывает коллаборативную робототехническую систему нового типа. Отметим раздел, посвященный разработке программной архитектуры системы управления, который в соответствии с принятой автором концепцией, представляет собой многоуровневую иерархию алгоритмов обработки данных. При этом функция принятия решений о режимах работы остаётся за человеком, что вполне

обоснованно, учитывая возможность возникновения нештатных ситуаций. Особенностью предлагаемой автором концепции является также применение системы технического зрения с учетом особенностей эксплуатации манипулятора.

Во второй главе сформулирована постановка задачи управления многозвенным манипулятором в автоматизированном и автоматическом режимах управления в трехмерном пространстве сложной геометрической конфигурации, определен состав и функциональные требования к подсистемам, определен перечень режимов управления манипулятором, проведен анализ и выбор способа решения задачи кинематического управления и синтеза программных траекторий, выполнен синтез комбинированной системы управления и алгоритмов управления манипулятором. Отметим, что здесь речь не идёт только о разработке конкретного робота-манипулятора. Автором предложена методика проектирования автоматизированных внутрикамерных манипуляторов широкого класса, сформулированы обоснованные рекомендации к проектированию таких манипуляторов. К новым научным результатам можно отнести методику адаптации коэффициентов передачи, позволяющую избежать соударений манипулятора со стенками камеры и внутрикамерным оборудованием. Таким образом, можно говорить не только о практической, но и о научной ценности работы. К оригинальным решениям здесь можно отнести реализацию нескольких автоматизированных режимов управления, вид которых определяется оператором в зависимости от выполняемой технологической процедуры. Предложена структура системы управления, включающая контуры локальных систем управления, позволяющая реализовать предлагаемый подход. Отметим глубокую проработку вопросов, связанных с программно-аппаратной реализацией системы управления. Описанная здесь программная архитектура системы управления, а также расширяемая архитектура прикладного программного обеспечения имеет универсальный характер, включая разработанные автором программные модули, и может быть использована и для широкого класса систем такого типа. Некоторым недостатком этой главы является излишне подробное изложение положений и алгоритмов, которые относятся

к математическому описанию кинематики, способам решения прямой и обратной кинематических задач, которые достаточно известны.

Третья глава содержит подробное описание устройства и технических характеристик манипулятора, созданного с участием автора диссертации. Насколько можно судить по тексту работы, автору принадлежит разработка системы и поста управления в соответствии с положениями его исследовательской работы. Приведенные результаты испытаний показали удовлетворительную точность вывода манипулятора в финальную точку. Показана также эффективность предложенного в работе метода адаптации управляющих воздействий, позволяющего избежать выход на границу зоны безопасности. В полной мере реализована программная архитектура системы, включая подсистему визуализации. Результаты лабораторных испытаний и испытаний в условиях реального производства подтверждают эффективность функционирования программных модулей системы управления и предложенной в работе программной архитектуры в целом. К недостаткам проведенных исследований можно отнести некоторую ограниченность эксперимента. Исследована только задача переноса объекта из одной точки в другую, в то время, как номенклатура технологических операций, выполняемых с помощью манипулятора, значительно шире, и включает такие операции, как сборка двух объектов, захват и ориентация объекта и т.д. В связи с этим остался в стороне и вопрос о способности человека эффективно работать в системе, имеющей различные режимы работы, способной самостоятельно подстраивать коэффициенты передачи управляющих движений.

В заключении автор приводит основные научные и практические результаты диссертационного исследования.

Замечания

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В рабочей зоне имеются два рабочих манипулятора, поскольку ряд операций требует использования именно двух исполнительных устройств; в то же

время, предложенный в работе способ управления позволяет управлять одному оператору только одним манипулятором, каким образом управлять двумя манипуляторами автор не рассмотрел.

2. Оператор управляет системой с помощью двух джойстиков, имеющих различные функции, к тому же в процессе движения возможны как переход с одного режима на другой, так и изменение коэффициента передачи от джойстика к системе управления. Однако, в работе не приведено исследование адаптивных возможностей человека-оператора при таком способе управления в условиях выполнения реального технологического процесса.
3. Не проведено исследование динамики системы управления манипулятором при переходе от режима управления по положению к режиму управления по скорости. К тому же, на динамику системы управления манипулятором оказывает влияние и непосредственное включение человека в контур управления, что может повлиять на устойчивость и качество переходных процессов.
4. Отметим, что ряд операций, выполняемых манипулятором требует воспроизведения на устройстве управления оператора, действующих на манипулятор усилий, т.е. реализации системы двустороннего действия, либо полной автоматизации таких операций. Эффективность выполнения подобных операций в предлагаемых автоматизированных режимах в диссертации не рассмотрена.
5. Выводы по отдельным главам и общие выводы не полностью отражают научные результаты, полученные в работе.

Представленные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, которая представляет собой завершенное научное исследование. Текст и содержание диссертации излагаются последовательно и корректно. Выводы по отдельным главам и общие выводы по диссертации содержат необходимые пояснения по итогам полученных теоретических выводов и экспериментальных результатов. Диссертация аккуратно оформлена, структура диссертации построена логично, рисунки и графики выполнены на хорошем уровне.

Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации и в достаточной мере отражает ее содержание.

Апробация и публикация основных результатов диссертации

Результаты исследований и разработок диссертационной работы прошли необходимую апробацию и были достаточно освещены в научной печати. По теме работы имеется 11 опубликованных работ, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК России (2 публикации), в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования SCOPUS и Web of Science (3 публикации), в материалах других изданий и научно-практических конференций (6 публикаций). Основные научные и практические результаты были доложены на 8 научных и научно-практических конференциях, в том числе на 5 международных. Получен патент РФ на полезную модель. По теме диссертации соискатель оформил 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий вывод по диссертационной работе

Диссертация Носикова Максима Владимировича, выполненная на актуальную тему «Системы управления внутрикамерными радиационно-стойкими манипуляторами», является завершенным, самостоятельным научно-квалификационным исследованием. Диссертационная работа содержит решение задачи синтеза систем управления радиационно-стойкими манипуляторами, функционирующими в условиях сильных радиационных полей и ограниченного рабочего пространства. Результаты, полученные в диссертации, имеют научное и практическое значение для промышленного использования при построении систем управления роботизированными манипуляторами, включенными в технологические процессы на предприятиях атомной промышленности, в том числе интегрированных в системы АСУ ТП. Результаты исследований, а также предлагаемых в работе научных и технических решений, реализуемых в условиях действующего производства и отраженные в акте испытаний, подтверждают их практическую значимость.

Диссертационная работа соответствует научной специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)» и критериям, установленным пунктами 9.14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842) для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Носиков Максим Владимирович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Отзыв на диссертацию заслушан и утвержден на заседании кафедры СМ-7 «Робототехнические системы и мехатроника» Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (протокол № 03/20-01 от 22.09.2020 г.)

Отзыв составил:

Доктор технических наук, профессор
кафедры СМ-7 «Робототехнические
системы и мехатроника»

Ющенко Аркадий Семенович

Заведующий кафедрой СМ-7,
«Робототехнические системы
и мехатроника», кандидат
технических наук, доцент

Серебряный Владимир Валерьевич

Телефон кафедры: +7 (499) 263-60-54

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Почтовый адрес: 105005, город Москва, улица Бауманская 2-я, дом 5, строение 1

Телефон: +7 (499) 261-17-43 (приемная ректора),

E-mail: bauman@bmstu.ru